

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-305459

(P 2 0 0 1 - 3 0 5 4 5 9 A)

(43)公開日 平成13年10月31日(2001.10.31)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G02B 26/10		G02B 26/10	F 2C362
	102		2H045
B41J 2/44		B41J 3/00	D 5C072
H04N 1/113		H04N 1/04	A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2000-122655(P 2000-122655)

(22)出願日 平成12年 4 月24日(2000.4.24)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社

神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 島田 克己

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富

士写真フイルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外 1 名)

F ターム(参考) 2C362 BA86 DA28 DA29

2H045 AA01 CA63 CB63

5C072 AA01 AA03 DA02 DA04 HA02

HA09 HA13 XA05

(54)【発明の名称】 走査光学系

(57)【要約】

【課題】 走査光学系において、結像光学系の表面で偏向器側に反射した光ビームが、その偏向器に再度入射して再偏向された場合にも、被走査面において、迷光による悪影響が生じるのを確実に防止する。

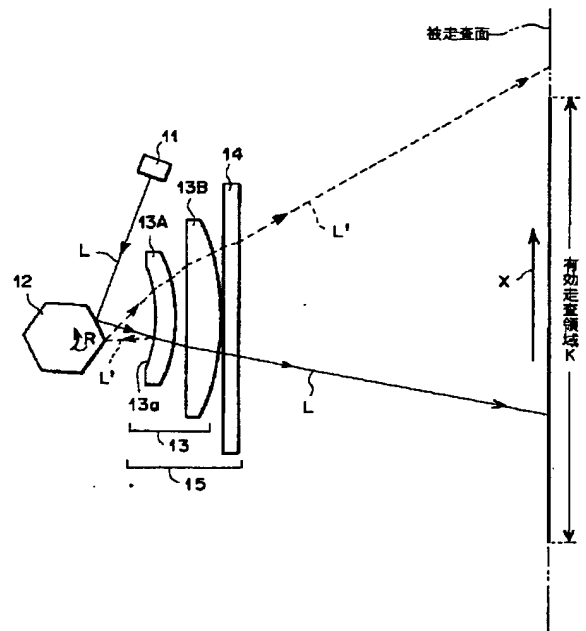
【解決手段】 最大走査角 $\theta_{\max}$ 、ポリゴンミラー12の反射面数N、ミラー12へ入射するレーザー光Lの、第1レンズ13A光軸となす角度 $\alpha$ 、ミラー12とレーザー光Lとの交点から第1面13aまでの距離d、第1面13aの曲率半径R、第1面13aによる反射光L'がポリゴンミラー12の稜線に再入射するときの、レーザー光Lが第1レンズ13Aの光軸となす角度 $\theta$ が、下記式(2)および(3)を満たす。

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1 + d/R) > \theta_{\max}$$

(2)

$$-\alpha + 2\theta(1 + d/R) < -\theta_{\max}$$

(3)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一定方向に進行する光ビームを偏向して所定角度範囲内を走査させる偏向器と、前記偏向器により偏向された前記光ビームを被走査面上に結像させる結像光学系とを備えた走査光学系であって、以下の式

(1) を満足するものであることを特徴とする走査光学系。

$$|\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

(ただし、 $\phi$ は、前記偏向器後段のレンズの表面反射により該偏向器に再入射した反射光ビームが該偏向器で再偏向されたときの、前記レンズの光軸と該反射光ビーム

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

(ただし、 $N$ は、回転多面鏡の面数、 $\alpha$ は、前記回転多面鏡へ入射する前記光ビームの進行方向と前記走査レンズの光軸とのなす角度、 $d$ は、前記回転多面鏡と前記光ビームとの交点から前記走査レンズの第1面までの距離、 $R$ は、前記走査レンズの第1面の曲率半径、 $\theta$ は、前記第1面の反射による反射光ビームが前記回転多面鏡の隣接する2つの反射鏡の境界に再入射するときの、前記光ビームが前記回転多面鏡で最初に反射偏向されたときの前記走査レンズの光軸と該光ビームとのなす角度、をそれぞれ表す。)

【請求項3】 前記光ビームを表面反射させる前記レンズの該表面が球面であることを特徴とする請求項1または2記載の走査光学系。

【請求項4】 前記光ビームを表面反射させる前記レンズの該表面が、前記偏向器に対して凹面であることを特徴とする請求項1から3のうちいずれか1項に記載の走査光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は走査光学系に関し、詳細には、結像光学系の反射面で生じる迷光の処理の改良に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、回転多面鏡などの偏向器を用いて一定の方向に進行するレーザ光等の光ビームを、所定の角度範囲内に走査偏向させ、この走査偏向された光ビームを、 $f\theta$ レンズ等の結像光学系を用いて、所定の被走査面上に結像させつつ、その被走査面の一定範囲について光ビームを一定方向に繰り返し走査させる走査光学系が知られている。

【0003】すなわち、例えば、ある種のレーザプリンターは、このような走査光学系を用いて、記録しようとする文字や画像に応じた強度で変調されたレーザ光を記録媒体に走査し、これらの文字等を当該記録媒体記録するように構成され、また、ある種の画像読取装置は、画像が記録された記録媒体に一定強度のレーザ光を走査し、記録媒体に記録された画像に応じた反射光、透過

とのなす角度、 $\theta_{\max}$ は、前記光ビームが前記偏向器で最初に偏向されたときの、前記レンズの光軸と該光ビームとのなす角度のうち、被走査面上における有効走査領域に対応する最大の角度を、それぞれ表す。)

【請求項2】 前記偏向器が、光ビームを反射偏向する回転多面鏡であり、前記偏向器後段のレンズが走査レンズであるとともに前記レンズの表面が前記走査レンズの第1面であり、以下の式(2)および(3)を満足するものであることを特徴とする請求項1記載の走査光学系。

光、蛍光、輝光等発光等の発光を光電的に読み取るように構成されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで結像光学系に用いられるレンズ、ミラー等は、その表面に反射防止のコーティングが施されているのが一般的であり、上述した走査光学系の結像光学系も、偏向器から入射した光ビームが偏向器側に反射して再偏向されるのを防止するための反射防止コーティングがなされている。

【0005】しかしコーティングは、光の反射をある程度抑制することはできるが、完全に(100%)防止できるものではなく、わずかながら反射を生じてしまうものである。このため結像光学系の表面で偏向器側に反射した光ビームは、その偏向器に再度入射して再偏向され、その再偏向の方向が結像光学系に向かう方向であると、最初に入射した光ビームの他に、偏向器により再偏向された光ビームも結像光学系により被走査面上に結像されるため、被走査面上には、最初の偏向の光ビームによる本来の走査線の他に、再偏向の光ビームによる迷光が投影されて、プリンターであれば、本来の画像(文字等も含む。以下、同じ。)以外に、迷光によるノイズ(細い縦線など)が記録され、画像読取装置であれば、被走査媒体に記録されている本来の画像以外に、迷光によるノイズが読み取られることになる。

【0006】そこで、この結像光学系の光軸を偏向面(偏向器により偏向反射された光ビームの軌跡によって形成される面)に対して傾け、あるいはずらすことにより、表面反射光(反射光ビーム)が偏向器に再入射するのを防止する技術が提案されている(特開平7-120696号)。

【0007】しかし、上述のように結像光学系の光軸を偏向面に対して傾け、あるいはずらす構成は、被走査面上において走査線の曲がりが発生し、画像描画または画像読取りに悪影響を与えることが懸念される。

【0008】本発明は上記事情に鑑みなされたものであって、結像光学系の表面で偏向器側に反射した光ビームが、その偏向器に再度入射して再偏向された場合にも、

10

20

30

40

50

被走査面において、迷光による悪影響が生じるのを確実に防止することができる走査光学系を提供することを目的とするものである。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の走査光学系は、偏向器後段の結像光学系のレンズの表面反射により偏向器に再入射した反射光ビームが偏向器で再偏向されたときの、レンズの光軸と反射光ビームとのなす角度と、光ビームが偏向器で最初に偏向されたときの、レンズの光軸と光ビームとのなす角度のうち、被走査面における有効走査領域に対応する最大の角度との関係を規定することにより、レンズで反射された後に偏向器に入射し、偏向器により再反射された反射光ビームが、被走査面の有効走査領域に到達しないようにして、迷光である反射光ビームが被走査面の被走査領域に悪影響を及ぼさないようにしたものである。

【0010】すなわち本発明の走査光学系は、一定方向に進行する光ビームを偏向して所定角度範囲内を走査させる偏向器と、前記偏向器により偏向された前記光ビームを被走査面上に結像させる結像光学系とを備えた走査光学系であって、以下の式(1)を満足するものであることを特徴とするものである。

$$【0011】|\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

(ただし、 $\phi$ は、前記偏向器後段のレンズの表面反射により該偏向器に再入射した反射光ビームが該偏向器で再偏向されたときの、前記レンズの光軸と該反射光ビームとのなす角度、 $\theta_{\max}$ は、前記光ビームが前記偏向器で最初に偏向されたときの、前記レンズの光軸と該光ビームとのなす角度のうち、被走査面における有効走査領域に対応する最大の角度を、それぞれ表す。)ここで、被走査面における有効走査領域とは、例えば画像読取装置においては、被走査面である、画像が記録された記録媒体の全面のうち、実質的に画像として読み取る範囲をいうものであり、プリンターにおいては、被走査面である、画像を記録する記録媒体の全面のうち、実質的に画像を記録する範囲をいうものである。

【0012】また上記光ビームを表面反射させるレンズの当該表面(好ましくは走査レンズの第1面)は球面であることが好ましいが、3次元空間内において球面である必要はなく、偏向器によって所定角度範囲内を光ビームが走査する偏向面内において円弧となる曲面であればよい。したがって光ビームが走査する偏向面内とその直交方向の面内とで曲率が異なるようなトーリック面であってもよい。また、光ビームが走査する偏向面内において完全な円弧である必要はなく、近似的に円弧と見なすことができる非球面であってもよい。

【0013】上記光ビームを表面反射させるレンズの当該表面は、偏向器に対して凹面である場合に、本発明の作用効果がより有効に発揮されるため好ましいが、そのような態様に限定されるものではない。

【0014】光ビームを表面反射させるレンズの当該表面は、偏向器により反射偏向された光ビームが、偏向器で反射された後に最初に入射するレンズ面に限定されるものではなく、その入射したレンズから当該光ビームが出射する出射面であってもよいし、さらにそのレンズより後段のレンズ等の入射面や出射面について適用することもできる。

【0015】以下、式(1)の導出について、図5を用いて説明する。

【0016】結像光学系の一部を構成する  $f\theta$  レンズの光軸(一点鎖線で表示する。なお、以下、図5~7において、全ての一点鎖線はこの光軸に平行である。)に対する角度(入射角)が  $\alpha$  となるように偏向器(例えばポリゴンミラー)に入射した光ビーム(実細線で示す)は、回転するポリゴンミラーの反射面により反射偏向され、 $f\theta$  レンズの第1面(光ビームが最初に入射する面)表面に到達する。

【0017】 $f\theta$  レンズの第1面表面に到達した光ビームの大部分(実細線で示す)は、そのまま  $f\theta$  レンズに入射し、 $f\theta$  レンズにより屈折されて出射し、所定の被走査面上の所定の領域だけ走査する。しかし、 $f\theta$  レンズの第1面表面に到達した光ビームの極一部は、その表面で反射され、反射光ビーム(破線で示す)としてポリゴンミラーに戻り、このミラーの反射面のいずれかに入射する場合がある。

【0018】ここで図5は、光ビームがポリゴンミラーの例えば反射面Aに入射し、反射面A上の点Pで反射偏向され、 $f\theta$  レンズの第1面表面で反射された反射光ビームが、反射面Aと反射面B(反射面Aに隣接する反射面)との境界PABに戻るような瞬間の状態を示している。この状態においては、反射光ビームは、反射面Aにより、光軸に対して角度  $\phi(-)$  の角度を以て図示右斜め上方に反射し、反射面Bにより、光軸に対して角度  $\phi(+)$  の角度を以て図示右斜め下方に反射するものとする。

【0019】ポリゴンミラーがこの状態から、点Oを回転中心として時計回り方向にわずかに回転が進むと、反射光ビームは点PABに戻るのではなく、反射面Bに入射する。このとき反射光ビームが反射面Bで反射偏向された後の進行方向と光軸とのなす角度  $\phi(+)$  は、反射光ビームが境界点PABに戻った場合の角度よりも大きい値となるとともに、ミラーの回転が進むにしたがってこの角度は増大していくことになる。一方、ポリゴンミラーがこの状態から、点Oを回転中心として反時計回り方向にわずかに回転が進むと、反射光ビームは点PABに戻るのではなく、反射面Aに入射する。このとき反射光ビームが反射面Aで反射偏向された後の進行方向と光軸とのなす角度  $\phi(-)$  は、反射光ビームが境界点PABに戻った場合の角度よりも大きい値となるとともに、ミラーの回転が進むにしたがってこの角度は増大していくことになる。

る。したがって、反射光ビームが境界点PABに戻ったときの反射角度（ポリゴンミラーで再反射された後の進行方向とレンズの光軸とのなす角度） $\phi(+)$  または  $\phi(-)$  が、ポリゴンミラーが回転中に採りうる最小の反射角度である。

【0020】そこで、上記式(1)に示すように、偏向器（例えばポリゴンミラー）で再反射されたときの、レンズの光軸と反射光ビームとのなす角度  $\phi(\phi(+)$  および  $\phi(-)$  ) が、光ビームが偏向器で最初に偏向されたときの、レンズの光軸と光ビームとのなす角度のうち、被走査面における有効走査領域に対応する最大の角度  $\theta_{\max}$  よりも大きくなるように設定することにより、反射光ビームが、被走査面の有効走査領域に到達しないように

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

（ただし、Nは、回転多面鏡の面数、 $\alpha$ は、前記回転多面鏡へ入射する前記光ビームの進行方向と前記走査レンズの光軸とのなす角度、dは、前記回転多面鏡と前記光ビームとの交点から前記走査レンズの第1面までの距離、Rは、前記走査レンズの第1面の曲率半径、 $\theta$ は、前記第1面の反射による反射光ビームが前記回転多面鏡の隣接する2つの反射鏡の境界に再入射するときの、前記光ビームが前記回転多面鏡で最初に反射偏向されたときの前記走査レンズの光軸と該光ビームとのなす角度、をそれぞれ表す。）ここで式(2)、(3)の導出について、図5～7を用いて以下に説明する。

【0023】回転多面鏡（例えばポリゴンミラー）の反射面Aで反射偏向された光ビームが、結像光学系の例えばf $\theta$ レンズ第1面の表面で反射し、その反射した反射光ビームが、図5および6に示すように反射面Aと反射面Bとの境界点PABに入射するような光ビームの入射点をP、入射点Pで反射偏向された光ビームの進行方向とf $\theta$ レンズの光軸とのなす角度を $\theta$ 、入射点Pで反射偏向された光ビームがf $\theta$ レンズ第1面の表面に到達する点をQ、ポリゴンミラーの反射面の面数をN、ポリゴン

$$\text{反射面Aによる反射光ビーム: } -\alpha + 2\theta - 2\gamma \quad (4)$$

$$\text{反射面Bによる反射光ビーム: } 4\pi/N - \alpha + 2\theta - 2\gamma \quad (5)$$

ここで式、 $d \tan \theta \gg \delta$ 、 $\tan \theta \doteq \theta$ とすると、 $\gamma = d\theta/R$ であるから、

$$\text{反射面Aによる反射光ビーム: } -\alpha + 2\theta \cdot (1+d/R) \quad (6)$$

$$\text{反射面Bによる反射光ビーム: } 4\pi/N - \alpha + 2\theta \cdot (1+d/R) \quad (7)$$

となり、これらの絶対値が最大走査角 $\theta_{\max}$ より大きくなるように設定すれば、反射光ビーム（迷光）が有効走査領域に入射することがなく、式(2)および(3)が導出される。

【0025】なお、上記本発明の走査光学系は、放射線画像が蓄積記録された蓄積性蛍光体シートに前記レーザー光を走査することにより、該蓄積性蛍光体シートから前記蓄積記録された放射線画像に応じた強度で発光する輝

することができ、迷光である反射光ビームが被走査面の被走査領域に悪影響を及ぼすのを確実に防止することができる。

【0021】なお上記偏向器としては、光ビームを反射偏向する回転多面鏡（ガルバノメータミラーやポリゴンミラー等）などを適用するのが好ましい。また偏向器として回転多面鏡を適用し、偏向器後段のレンズとして走査レンズ（例えばf $\theta$ レンズ）を適用し、光ビームが反射されるレンズの表面としてこの走査レンズの第1面（光ビームの入射面）を適用する場合には、以下の式(2)および(3)をさらに満足するものとするのが好ましい。

【0022】

ミラーの内接円半径をr、入射点PABからf $\theta$ レンズの第1面表面までの光軸に沿った距離をd、f $\theta$ レンズの第1面表面の曲率半径をRとし、ポリゴンミラーの回転中心Oを原点とする図面の面内に直交2軸座標系x-z（z軸をf $\theta$ レンズの光軸に対して平行に、x軸をf $\theta$ レンズの光軸に対して直交するように）を設定すると、図7に示すように、最大走査角度 $\theta_{\max}$ による走査時に、光ビームをポリゴンミラーに対して、左右で等しい余裕（反射面間の境界点までの余裕）となるように入射させることを前提とすると、f $\theta$ レンズの第1面で反射された反射光ビームは、f $\theta$ レンズ光軸に対して角度 $(\theta - 2\gamma)$ でポリゴンミラーの反射面に再入射し、このとき図6に示すように、反射面Aの法線がf $\theta$ レンズ光軸に対する角度は $-(\alpha - \theta)/2$ 、反射面Bの法線がf $\theta$ レンズ光軸に対する角度は $2\pi/N - (\alpha - \theta)/2$ であるから、反射光ビームが反射面A、Bにより反射偏向された後の進行方向とf $\theta$ レンズ光軸のなす角度はそれぞれ、次のようになる。

【0024】

【数1】

【数2】

尽発光光を光電的読みとる放射線画像読取装置に用いられるものとするのが好ましい。

【0026】

【発明の効果】本発明の走査光学系によれば、偏向器後段の結像光学系のレンズの表面反射により偏向器に再入射した反射光ビームが偏向器で再偏向されたときの、レンズの光軸と反射光ビームとのなす角度と、光ビームが偏向器で最初に偏向されたときの、レンズの光軸と光ビ

ームとのなす角度のうち、被走査面における有効走査領域に対応する最大の角度との関係を、下記式(1)のように規定したことにより、レンズ表面で反射された後に再度偏向器に入射し、偏向器により再反射された反射光ビームが、被走査面の有効走査領域に到達しないようにすることができ、迷光である反射光ビームが被走査面の被走査領域に悪影響を及ぼすのを確実に防止することができる。

$$【0027】 |\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の走査光学系の具体的な実施の形態について図面を用いて説明する。

【0029】図1は、本発明の走査光学系の具体的な実施形態の構成を示す図、図2は図1に示した実施形態の走査光学系を用いた放射線画像読取装置の一例を示す図である。

【0030】ここでまず図2に示した放射線画像読取装置について説明する。図示の放射線画像読取装置は、箱状の光学定盤16の内部に、一定強度のレーザ光Lを出射するLD光源11と、光源11から出射されたレーザ光Lを所定の角度範囲を繰り返し走査するように反射偏向させる、一定角速度で回転するポリゴンミラー12と、ポリゴンミラー12により反射偏向されたレーザ光Lが後述の蓄積性蛍光体シート50上を矢印X方向に等速度で主走査するようにレーザ光Lを屈折させるfθレンズ群13と、このfθレンズ群13により屈折されたレーザ光Lを図示下方に立ち下げる長尺立下げミラー14とが組み込まれた走査光学系10を備え、この走査光学系10から出射されたレーザ光Lは、駆動ローラ21により矢印Y方向に等速度で移動(副走査)するエンドレスベルト20上に載置された、放射線画像が蓄積記録された蓄積性蛍光体シート50を矢印X方向に繰り返し主走査する。この間に蓄積性蛍光体シート50は矢印X方向に略直交する矢印Y方向に副走査されるため、結果的にシート50の略全面に亘ってレーザ光Lが走査されることになる。

【0031】レーザ光Lが走査されたシート50の部分からは、その部分に蓄積記録されている放射線画像に応じた光量で輝尽発光光Mが発光し、この発光した輝尽発光光Mは、シート50上において形成されたレーザ光Lによる主走査線の全長に亘ってその入射端が延びた、その主走査線に近接して配設された光ガイド31に導入され、光ガイド31の内部を全反射を繰り返しつつ光ガイド31の出射端面まで導光される。光ガイド31の出射端面には、レーザ光Lをカットし輝尽発光光Mを透過せしめるように帯域制限されたレーザ光カットフィルタ32が接続されており、光ガイド31の出射端面まで導光された輝尽発光光Mは透過して光電子増倍管(フォトマルチプライヤ; PMT)33に入射し、輝尽発光光Mとともに光ガイド31内に混入したレーザ光Lはカットさ

れてPMT33には入射しない。

【0032】PMT33は入射した輝尽発光光Mをアナログ電気信号yに光電変換してログアンプ34に入力し、ログアンプ34は入力されたアナログ電気信号を対数増幅して対数化信号Sに変換した上でA/Dコンバータ35に入力する。A/Dコンバータ35は入力された対数化信号Sを所定のサンプリング間隔でデジタル化しデジタル画像信号Dとして、外部の画像処理装置等に出力する。外部の画像処理装置等においては、入力されたデジタル画像信号Dに対して、濃度補正、階調処理、周波数処理、拡大縮小処理等の信号処理を施してCRT等の再生装置に出力し、可視画像として再生される。

【0033】次にこの走査光学系10の詳細について図1を用いて説明する。図示の走査光学系10のfθレンズ群13は、ポリゴンミラー12に近い側に設けられた第1レンズ13Aと、遠い側に設けられた第2レンズ13Bとから構成されており、fθレンズ群13と長尺立下げミラー14とにより結像光学系15を構成している。第1レンズ13Aはその第1面(レーザ光Lが入射する面)13aが、ポリゴンミラー12に向かって凹面に形成されている。

【0034】また、第1レンズ13Aの第1面13aにおいては、ポリゴンミラー12から到達したレーザ光Lの大部分(以下、透過レーザ光Lという)を、図示実細線に示すように透過させるが、ごく一部を、反射光L'(図示において破線で示す)としてポリゴンミラー12側に反射させる。そして、第1レンズ13Aの第1面13aの反射によりポリゴンミラー12に再入射した反射光L'がポリゴンミラー12で再偏向されたときの、第1レンズ13Aの光軸と反射光L'とのなす角度をφ、レーザ光Lがポリゴンミラー12で最初に偏向されたときの、第1レンズ13Aの光軸とレーザ光Lとのなす角度のうち、被走査面(蓄積性蛍光体シート50の表面)における有効走査領域に対応する最大の角度(最大走査角)をθ<sub>max</sub>(=42°)とすると、この走査光学系10は、下記式(1)を満たすように構成されている。

$$【0035】 |\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

さらに、ポリゴンミラー12の反射面数をN(=6)、ポリゴンミラー12へ入射するレーザ光Lの進行方向と第1レンズ13Aの光軸とのなす角度をα(=70°)、ポリゴンミラー12とレーザ光Lとの交点から第1レンズ13Aの第1面13aまでの距離(光軸に沿った方向における距離)をd(=40mm)、第1レンズ13Aの第1面13aの曲率半径をR(=-112.5mm)、第1レンズ13Aの第1面13aによる反射光L'がポリゴンミラー12の隣接する2つの反射面の境界(稜線)に再入射するときの、レーザ光Lがポリゴンミラー12で最初に反射偏向されたときの第1レンズ13Aの光軸とレーザ光Lとのなす角度をθ(=18°)とすると、これらは、下記式(2)および(3)を満た

ように構成されている。

【0036】

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

すなわち上記具体的な数値を代入すれば、式(2)の左辺は $73.2^\circ$ 、右辺は $42^\circ$ であり、式(3)の左辺は $-46.8^\circ$ 、右辺は $-42^\circ$ である。なおポリゴンミラー12の内接円半径 $r$ は、 $25\text{mm}$ である。

【0037】なお、図2に示した放射線画像読取装置によって画像信号 $D$ として読み取る範囲は、透過光 $L$ が走査する蓄積性蛍光体シート50の範囲(走査領域)よりも狭い範囲となる。これは、シート50の両側端部にはあまり有用な画像情報が記録されていることが少なく、またシート50の両側端部まで完全に読み取っても、可視画像として再生する際には、側端部を直線状に揃えて表示する等のためである。したがって、本実施形態の走査光学系10においては、放射線画像読取装置によって画像信号 $D$ として読み取る範囲を有効走査領域 $K$ とする。

【0038】このように構成された本実施形態の走査光学系10によれば、第1レンズ13Aを透過した透過光 $L$ は、さらに第2レンズ13Bを透過し、長尺立下げレンズ14により立ち下げられて、ポリゴンミラー12の矢印 $R$ 方向への回転に伴って、被走査面である蓄積性蛍光体シート50表面を矢印 $X$ 方向に、有効走査領域 $K$ よりも広い領域を繰り返し走査する。

【0039】一方、第1レンズ13Aの第1面で反射された反射光 $L'$ は、ポリゴンミラー12に再度入射して再反射されるが、本実施形態の走査光学系10が上記式(2)および(3)を示す条件を満たすことによって、式(1)に示す条件を満たした構成を採用しているため、この反射光 $L'$ は、図1に示すように、被走査面において有効走査領域 $K$ 内に到達することはない。

【0040】したがって、本実施形態の走査光学系10によれば、ノイズとなる反射光が被走査面の被走査領域に悪影響を及ぼすのを確実に防止することができる。

【0041】図3および4に示した走査光学系はそれぞれ、本実施形態の走査光学系との比較のための走査光学系であり、本発明の走査光学系に含まれる態様のものではない。

【0042】(比較例1)図3に示した比較例1の走査光学系は、ポリゴンミラー12の反射面数を $N(=6)$ 、ポリゴンミラー12へ入射するレーザ光 $L$ の進行方向と第1レンズ13Aの光軸とのなす角度を $\alpha(=60^\circ)$ 、ポリゴンミラー12とレーザ光 $L$ との交点から第1レンズ13Aの第1面13aまでの距離(光軸に沿った方向における距離)を $d(=40\text{mm})$ 、第1レンズ13Aの第1面13aの曲率半径を $R(=-112.5\text{mm})$ 、第1レンズ13Aの第1面13aによる反射光 $L'$ がポリゴンミラー12の隣接する2つの反射面の境界(稜線)に再入射するときの、レーザ光 $L$ がポリゴ

ンミラー12で最初に反射偏向されたときの第1レンズ13Aの光軸とレーザ光 $L$ とのなす角度を $\theta(=20^\circ)$ とすると、上記式(2)の左辺は $85.8^\circ$ 、右辺は $42^\circ$ であり、式(3)の左辺は $-34.2^\circ$ 、右辺は $-42^\circ$ であるため、式(2)を満たすが、式(3)を満たさないため式(1)を満たさない。なおポリゴンミラー12の内接円半径 $r$ は $25\text{mm}$ 、最大走査角 $\theta_{\max}$ は $42^\circ$ である。

【0043】このように構成された走査光学系によれば、第1レンズ13Aの第1面で反射された反射光 $L'$ は、ポリゴンミラー12に再度入射して再反射され、この再反射された反射光 $L'$ は、図3に示すように、被走査面において有効走査領域 $K$ 内に到達する。

【0044】したがって、比較例1の走査光学系によれば、ノイズとなる反射光が被走査面の被走査領域に悪影響を及ぼし、本発明の走査光学系のごとき効果を得ることができない。

【0045】(比較例2)図4に示した比較例1の走査光学系は、ポリゴンミラー12の反射面数を $N(=6)$ 、ポリゴンミラー12へ入射するレーザ光 $L$ の進行方向と第1レンズ13Aの光軸とのなす角度を $\alpha(=70^\circ)$ 、ポリゴンミラー12とレーザ光 $L$ との交点から第1レンズ13Aの第1面13aまでの距離(光軸に沿った方向における距離)を $d(=40\text{mm})$ 、第1レンズ13Aの第1面13aの曲率半径を $R(=-112.5\text{mm})$ 、第1レンズ13Aの第1面13aによる反射光 $L'$ がポリゴンミラー12の隣接する2つの反射面の境界(稜線)に再入射するときの、レーザ光 $L$ がポリゴンミラー12で最初に反射偏向されたときの第1レンズ13Aの光軸とレーザ光 $L$ とのなす角度を $\theta(=25^\circ)$ とすると、上記式(2)の左辺は $82.2^\circ$ 、右辺は $42^\circ$ であり、式(3)の左辺は $-37.8^\circ$ 、右辺は $-42^\circ$ であるため、式(2)を満たすが、式(3)を満たさないため式(1)を満たさない。なおポリゴンミラー12の内接円半径 $r$ は $35\text{mm}$ 、最大走査角 $\theta_{\max}$ は $42^\circ$ である。

【0046】このように構成された走査光学系によれば、第1レンズ13Aの第1面で反射された反射光 $L'$ は、ポリゴンミラー12に再度入射して再反射され、この再反射された反射光 $L'$ は、図4に示すように、被走査面において有効走査領域 $K$ 内に到達する。

【0047】したがって、比較例1の走査光学系によれば、ノイズとなる反射光が被走査面の被走査領域に悪影響を及ぼし、本発明の走査光学系のごとき効果を得ることができない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の走査光学系の一実施形態の構成を示す

図

【図2】図1に示した実施形態の走査光学系が組み込まれた装置の一例（放射線画像読取装置）を示す図

【図3】図1に示した実施形態の走査光学系に対する比較事例（比較例1）を示す図

【図4】図1に示した実施形態の走査光学系に対する比較事例（比較例2）を示す図

【図5】本発明の走査光学系の作用を説明するための図（その1）

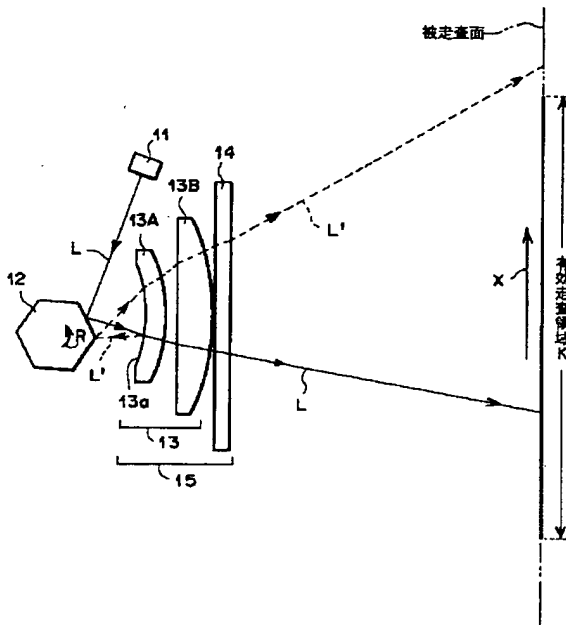
【図6】本発明の走査光学系の作用を説明するための図（その2）

【図7】本発明の走査光学系の作用を説明するための図（その3）

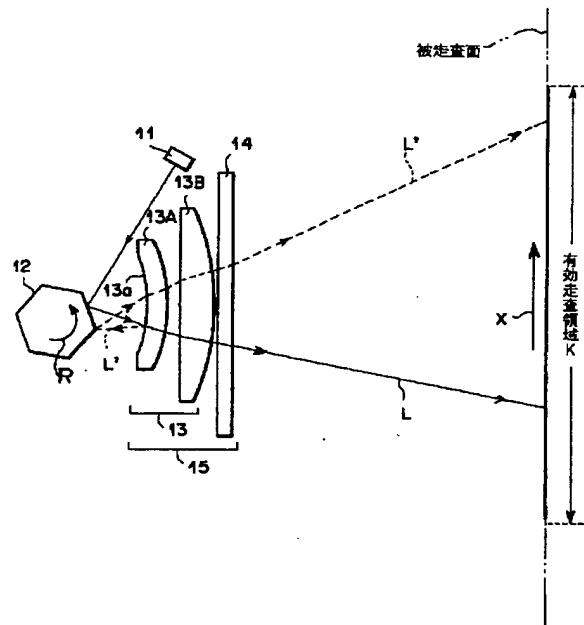
【符号の説明】

- 10 走査光学系
- 11 レーザ光源
- 12 ポリゴンミラー
- 13  $f\theta$  レンズ群
- 13A 第1レンズ
- 13B 第2レンズ
- 13a 第1レンズの第1面
- 14 長尺立下げミラー
- 15 結像光学系
- L レーザ光（透過光）
- L' 反射光

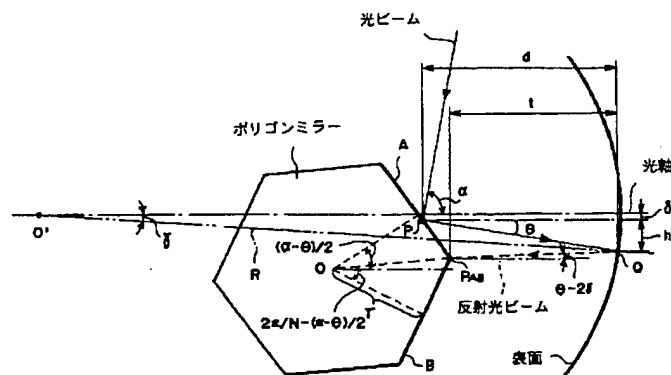
【図1】



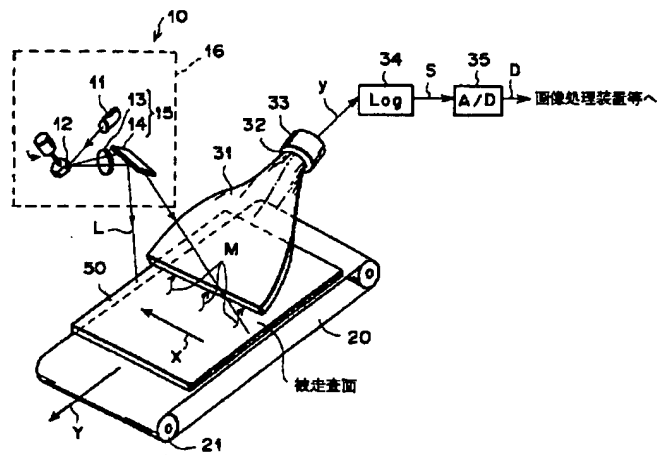
【図3】



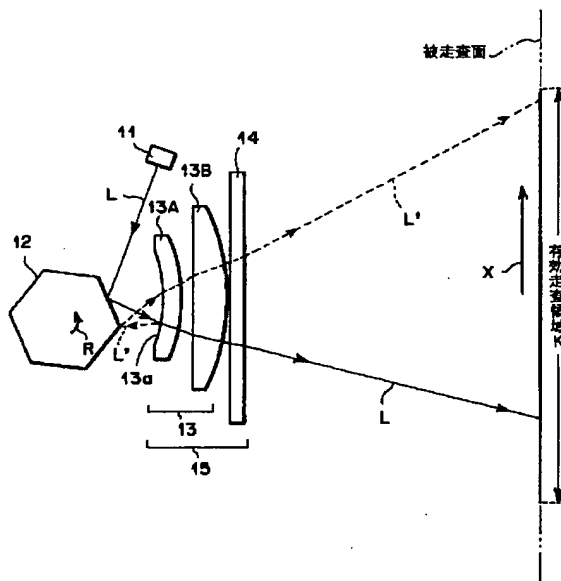
【図6】



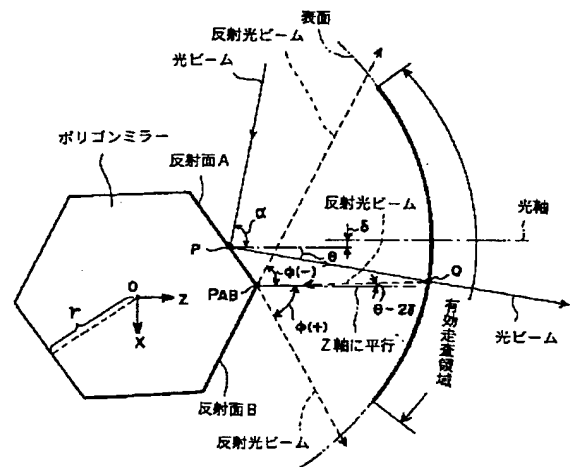
【図2】



【図4】

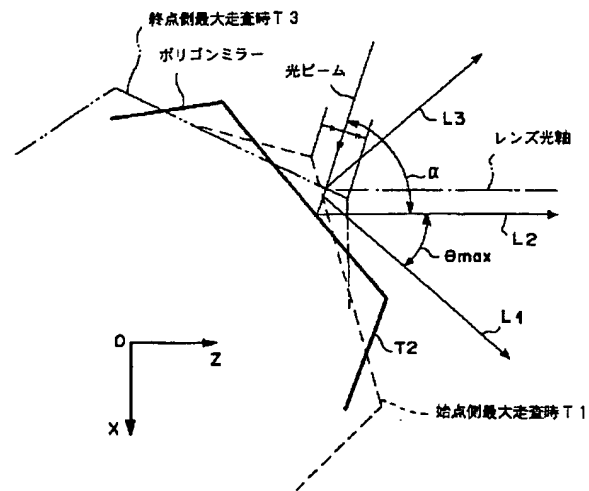


【図5】





【図7】



*Date: August 11, 2003*

## *Declaration*

*I, Michihiko Matsuba, President of Fukuyama Sangyo Honyaku Center, Ltd., of 16-3, 2-chome, Nogami-cho, Fukuyama, Japan, do solemnly and sincerely declare that I understand well both the Japanese and English languages and that the attached document in English is a full and faithful translation, of the copy of Japanese Unexamined Patent No. 2001-305459 laid open on October 31, 2001.*

A handwritten signature in black ink, appearing to read "m. matsuba", with a stylized, flowing script.

*Michihiko Matsuba*

*Fukuyama Sangyo Honyaku Center, Ltd.*

SCANNING OPTICAL SYSTEM

Japanese Unexamined Patent No. 2001-305459

Laid-open on: October 31, 2001

Application No. 2000-122655

Filed on: April 24, 2000

Inventor: Katsumi SHIMADA

Applicant: Fuji Photo Film Co., Ltd.

SPECIFICATION

[TITLE OF THE INVENTION] SCANNING OPTICAL SYSTEM

[ABSTRACT]

[Theme] To prevent affects of stray light on a scanning surface in a scanning optical system even when a light beam that has been reflected by the surface of an image forming optical system toward a deflector side is made incident on the deflector again and re-deflected.

[Solution Means] A maximum scanning angle  $\theta_{\max}$ , the number  $N$  of reflecting surfaces of polygon mirror 12, the angle  $\alpha$  of a light beam  $L$  that enters the mirror 12, from the optical axis of first lens 13A, the distance  $d$  from the intersection between the mirror 12 and the light beam  $L$  to first surface 13a, the radius  $R$  of curvature of the first surface 13a, and the angle

$\theta$  of the light beam L from the optical axis of the first lens 13A when a reflected beam L' reflected by the first surface 13a re-enters the ridge line of the polygon mirror 12, satisfy the following expressions (2) and (3):

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

[WHAT IS CLAIMED IS;]

[Claim 1] A scanning optical system comprising a deflector which deflects a light beam that advances in a fixed direction and scans it within a predetermined angle region, and an image forming optical system which forms the image of the light beam that has been deflected by the deflector on a scanning surface, wherein the following Expression (1) is satisfied:

$$|\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

(provided that  $\phi$  denotes, when a reflected light beam that has re-entered the deflector by surface reflection of the lens at the rear stage of the deflector is re-deflected by the deflector, the angle of this reflected light beam from the optical axis of the lens, and  $\theta_{\max}$  denotes, in the angle between the optical axis of the lens and the light beam when the light beam is first deflected by the deflector, a maximum angle for an effective scanning region on the scanning surface.)

[Claim 2] The scanning optical system according to Claim 1,

wherein the deflector is a rotating polygon mirror, the lens at the rear stage of the deflector is a scanning lens, the surface of this lens is the first surface of the scanning lens, and the following Expressions (2) and (3) are satisfied:

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

(provided that N denotes the number of reflecting surfaces of the rotating polygon mirror,  $\alpha$  denotes the angle between the advancing direction of the light beam that enters the rotating polygon mirror and the optical axis of the scanning lens, d denotes the distance from the intersection between the rotating polygon mirror and the light beam to the first surface of the scanning lens, R denotes the radius of curvature of the first surface of the scanning lens, and  $\theta$  denotes the angle of the light beam L from the optical axis of the scanning lens when the light beam is first reflected by the rotating polygon mirror in a case where the reflected light beam reflected by the first surface re-enters the boundary between the two adjacent reflecting mirrors of the polygon mirror.)

[Claim 3] The scanning optical system according to any one of Claims 1 through 3, wherein the surface of the lens which reflects the light beam is a spherical surface.

[Claim 4] The scanning optical system according to any one of

Claims 1 through 3, wherein the surface of the lens which reflects the light beam is a concave surface with respect to the deflector.

[DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION]

[0001]

[Field of the Art] The present invention relates to a scanning optical system, more specifically, improvement in processing of stray light occurring at the reflecting surfaces of the image forming optical system.

[0002]

[Prior Art] Conventionally, a scanning optical system has been known, which scans and deflects a light beam such as a laser beam that advances in a fixed direction to a predetermined angle region by using a reflector including a rotating polygon mirror, etc., and repeatedly scans this scanned and deflected light beam in a fixed direction in a fixed region of a predetermined scanning surface while an image is formed on this scanning surface by using an image forming optical system such as an  $f\theta$  lens, etc.

[0003] Namely, for example, by using such a scanning optical system, a certain type of laser printer scans laser light that has been modulated at an intensity according to characters or images to be recorded on a recording medium, and records these

characters, etc., onto this recording medium, and a certain type of image reading device scans laser light with a fixed intensity on a recording medium onto which an image has been recorded, and photoelectrically reads emission of reflected light, transmitted light, fluorescence, and photostimulable emission light according to the image recorded onto the recording medium.

[0004]

[Problems to be Solved by the Invention] Lenses and mirrors, etc., to be used in an image forming optical system are generally applied with antireflection coating on their surfaces, and antireflection coating is also applied on the image-forming optical system of the abovementioned scanning system to prevent a light beam that has entered from the deflector from being reflected toward the deflector side and being re-deflected.

[0005] Although coating can suppress light reflection to some degree, it cannot completely (100%) prevent light reflection, and slight reflection is inevitable. Therefore, a light beam that has been reflected toward the deflector side by the surface of the image forming optical system re-enters the deflector and is re-deflected, and if the direction of re-deflection equals the direction toward the image forming optical system,

the image of the light beam resulting from re-deflection by the deflector is also formed on the scanning surface by the image forming optical system as well as the light beam that has first entered, so that stray light caused by the re-deflected light beam is projected onto the scanning surface in addition to the original scanning lines generated by the light beam first deflected, and in a case of a printer, noise (thin vertical lines, etc.,) due to the stray light is recorded, and in a case of an image reading device, noise due to the stray light is read in addition to an original image recorded on a medium that has been scanned.

[0006] Therefore, a technique has been proposed (in Japanese Unexamined Patent Publication No. H07-120696) which prevents surface-reflected light (reflected light beam) from re-entering the deflector by tilting or shifting the optical axis of this image forming optical system with respect to the deflection plane (plane formed by the locus of the light beam that has been deflected and reflected by the deflector).

[0007] However, the construction as mentioned above in which the optical axis is tilted or shifted with respect to the deflection plane causes curves of scanning lines on the scanning surface, and it is a concern that the curves affect image drawing or image reading.



[0008] The present invention has been made in view of the abovementioned circumstances, and an object thereof is to provide a scanning optical system which can securely prevent harmful influences from stray light on a scanning surface even when a light beam that has been reflected to a deflector side by the surface of the image forming optical system re-enters and is re-deflected by the deflector.

[0009]

[Means for Solving Problems] A scanning optical system of the invention regulates the relationship between an angle between the optical axis of a lens and a reflected light beam when the reflected light beam that has re-entered a deflector by surface reflection by the lens of an image forming optical system at the rear stage of the deflector, and a maximum angle in accordance with an effective scanning region on a scanning surface in an angle between the optical axis of the lens and the light beam when the light beam is first deflected by the deflector, whereby the reflected light beam that has entered the deflector after being reflected by the lens and has been re-reflected by the deflector is prevented from reaching the effective scanning region of the scanning surface so that the reflected light beam that is stray light is prevented from harmfully influencing the scanning region of the scanning

surface.

[0010] Namely, the scanning optical system comprises a deflector which deflects a light beam that advances in a fixed direction and scans it within a predetermined angle region, and an image forming optical system which forms the image of the light beam that has been deflected by the deflector on a scanning surface, wherein the following Expression (1) is satisfied:

$$|\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

(provided that  $\phi$  denotes, when a reflected light beam that has re-entered the deflector by surface reflection of the lens at the rear stage of the deflector is re-deflected by the deflector, the angle of this reflected light beam from the optical axis of the lens, and  $\theta_{\max}$  denotes, in the angle between the optical axis of the lens and the light beam when the light beam is first deflected by the deflector, a maximum angle for an effective scanning region on the scanning surface.) Herein, the effective scanning region on the scanning surface means, in a case of an image reading device, a region to be substantially read as an image of the entire surface, as a substantial scanning surface, of a recording medium onto which the image is recorded, and in a case of a printer, the region means a region whose image is substantially recorded of the entire surface, as a scanning

surface, of a recording medium onto which the image is recorded.

[0012] Furthermore, the surface (preferably, the first surface of the scanning lens) that reflects the light beam is preferably spherical, however, it is not always required to be spherical in a three-dimensional space, and it is only required that this surface is a curved surface which becomes an arc within a deflection plane at which the light beam is scanned within a predetermined angle region by the deflector. Therefore, the surface may be a toric surface whose curvature differs between within the deflection plane at which the light beam scans and within the plane orthogonal to the deflection plane. Furthermore, it is not always necessary that the surface becomes a perfect arc within the deflection plane at which the light beam scans, and may be an aspherical surface which can be approximately regarded as an arc.

[0013] Said surface of the lens which reflects the light beam is preferably a concave surface with respect to the deflector since the action and effect of this invention become more effective, however, the present invention is not limited to such an embodiment.

[0014] The surface of the lens which reflects the light beam is not limited to the lens surface which the light beam that has been reflected and deflected by the deflector enters first

after being reflected by the deflector, and may be an exit surface from which the light beam exits from the lens or may be the incident surface or exit surface of the lens at the rear stage after the lens.

[0015] Hereinafter, derivation of Expression (1) is described with reference to Fig. 5.

[0016] The light beam (shown by a solid thin line) that has entered a deflector (for example, a polygon mirror) is reflected and deflected by the reflecting surface of the rotating polygon mirror so that its angle from the optical axis of an  $f\theta$  lens forming a part of the image forming optical system (Shown by an alternate long and short chain line. Hereinafter, all alternate long and short chain lines are parallel to this optical axis.) becomes  $\alpha$ , and then reaches the surface of the first surface (which the light beam enters first) of the  $f\theta$  lens.

[0017] The major part (shown by a solid thin line) of the light beam that has reached the first surface of the  $f\theta$  lens enters the  $f\theta$  lens as it is and exits after being refracted by the  $f\theta$  lens, and then scans a predetermined region on a predetermined scanning surface. However, a small portion of the light beam that has reached the first surface of the  $f\theta$  lens is reflected by this surface, and may return to the polygon

mirror as a reflected light beam (shown by a dashed line) and enter any of the reflecting surfaces of this mirror.

[0018] Herein, Fig. 5 shows the condition of a moment at which the reflected light beam, reflected by the first surface of the  $f\theta$  lens, of the light beam that has entered, for example, the reflecting surface A of the polygon mirror, and has been reflected and deflected at the point P on the reflecting surface A, returns to the boundary point PAB between the reflecting surface A and the reflecting surface B (reflecting surface adjacent to the reflecting surface A). In this condition, the reflected light beam is reflected diagonally upward to the right side at an angle  $\phi(-)$  with respect to the optical axis by the reflecting surface A, and reflected diagonally downward to the right side in the figure at an angle  $\phi(+)$  with respect to the optical axis by the reflecting surface B.

[0019] When the polygon mirror slightly rotates clockwise around the point O from this condition, the reflected light beam does not return to the point PAB, but enters the reflecting surface B. At this point, the angle  $\phi(+)$  between the advancing direction after the reflecting light beam is reflected and deflected by the reflecting surface B and the optical axis becomes greater than the angle in a case where the reflected light beam returns to the boundary point PAB, and in accordance

with mirror rotation, this angle increases. On the other hand, when the polygon mirror slightly rotates counterclockwise around the point O from this condition, the reflected light beam does not return to the point PAB, but enters the reflecting surface A. At this point, the angle  $\phi(-)$  between the advancing direction after the reflected light beam is reflected and deflected by the reflecting surface A and the optical axis becomes greater than the angle in the case where the reflected light beam returns to the boundary point PAB, and this angle increases in accordance with mirror rotation. Therefore, the reflection angle  $\phi(+)$  or  $\phi(-)$  (angle between the advancing direction after the light is re-reflected by the polygon mirror) is the minimum reflection angle that the polygon mirror can realize while rotating.

[0020] Therefore, as shown in the abovementioned Expression (1), the angle  $\phi$  ( $\phi(+)$  and  $\phi(-)$ ) between the optical axis of the lens and the reflected light beam when the beam is re-reflected by the deflector (for example, polygon mirror) is set to be greater than the maximum angle  $\theta_{\max}$  in accordance with the effective scanning region on the scanning surface of the angle between the optical axis of the lens and the light beam when the light beam is first deflected by the deflector, whereby the reflected light beam can be prevented from reaching

the effective scanning region of the scanning surface, and the reflected light beam that is stray light can be securely prevented from harmfully influencing the scanning region of the scanning surface.

[0021] It is preferable that a polygon mirror (galvanometer mirror or polygon mirror, etc.) which reflects and deflects a light beam is applied as the abovementioned deflector. Furthermore, a rotating polygon mirror is applied as the deflector, a scanning lens (for example, an  $f\theta$  lens) is applied as the lens at the rear stage of the deflector, and the first surface of this scanning lens (light beam incident surface) is applied as the surface of the lens which reflects the light beam, it is preferable that the following Conditions (2) and (3) are further satisfied.

[0022]

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

(provided that N denotes the number of reflecting surfaces of the rotating polygon mirror,  $\alpha$  denotes the angle between the advancing direction of the light beam that enters the rotating polygon mirror and the optical axis of the scanning lens, d denotes the distance from the intersection between the rotating polygon mirror and the light beam to the first surface of the

scanning lens,  $R$  denotes the radius of curvature of the first surface of the scanning lens, and  $\theta$  denotes the angle of the light beam from the optical axis of the scanning lens when the light beam is first reflected by the rotating polygon mirror in a case where the reflected light beam reflected by the first surface re-enters the boundary between the two adjacent reflecting mirrors of the rotating polygon mirror.) Herein, derivation of Expressions (2) and (3) is described with reference to Fig. 5 through Fig. 7.

[0023] The incidence point of the light beam when the light beam that has been reflected and deflected by the reflecting surface A of the rotating polygon mirror is reflected by the surface of the first surface of, for example, the  $f\theta$  lens of the image forming optical system and the reflected light beam is made incident on the boundary point PAB between the reflecting surface A and the reflecting surface B as shown in Fig. 5 and Fig. 6, is defined as P, the angle between the advancing direction of the light beam that is made incident on the boundary point PAB between the reflecting surface A and reflecting surface B as shown in Fig. 5 and Fig. 6 and the optical axis of the  $f\theta$  lens is defined as  $\theta$ , the point at which the light beam that has reflected and deflected at the incidence point P reaches the first surface of the  $f\theta$  lens is defined



as  $Q$ , the number of reflecting surfaces of the polygon mirror is defined as  $N$ , the radius of the inscribed circle of the polygon mirror is defined as  $r$ , the distance from the incidence point PAB to the first surface of the  $f\theta$  lens along the optical axis is defined as  $d$ , the radius of curvature of the first surface of the  $f\theta$  lens is defined as  $R$ , and an orthogonal biaxial frame of reference  $x$ - $z$  is set within the plane shown in the figure setting an origin at the rotation center  $O$  of the polygon mirror (so that the  $z$  axis is parallel to the optical axis of the  $f\theta$  lens and the  $x$  axis is orthogonal to the optical axis of the  $f\theta$  lens), as shown in Fig. 7, when scanning at the maximum scanning angle  $\theta_{\max}$ , under a condition that the light is made incident so as to have even allowances rightward and leftward (allowances to the boundary point between the reflecting surfaces) with respect to the polygon mirror, the reflected light beam reflected by the first surface of the  $f\theta$  lens reenters the reflecting surface of the polygon mirror at an angle  $(\theta - 2\gamma)$  with respect to the optical axis of the  $f\theta$  lens, and at this point, as shown in Fig. 6, the angle of the normal line of the reflecting surface B with respect to the optical axis of the  $f\theta$  lens is  $-(\alpha - \theta)/2$ , the angle of the normal line of the reflecting surface B with respect to the optical axis of the  $f\theta$  lens is  $2\pi/N - (\alpha - \theta)/2$ , so that the angles between the

advancing directions of the reflected light beams after being reflected and deflected by the reflecting surfaces A and B and the optical axis of the  $f\theta$  lens are as follows.

[0024]

[Numerical expression 1]

Reflected light beam reflected by reflecting surface A:

$$-\alpha + 2\theta - 2\gamma \quad (4)$$

Reflected light beam reflected by reflecting surface B:

$$4\pi / N - \alpha + 2\theta - 2\gamma \quad (5)$$

Herein, when  $d \tan \theta \gg \delta$  and  $\tan \theta \approx \theta$  are set,  $\gamma = d\theta/R$ , so that the following conditions become true:

[Numerical expression 2]

Reflected light beam reflected by reflecting surface A:

$$-\alpha + 2\theta \cdot (1+d/R) \quad (6)$$

Reflected light beam reflected by reflecting surface B:

$$4\pi / N - \alpha + 2\theta \cdot (1+d/R) \quad (7)$$

and by setting absolute values of these to be greater than the maximum scanning angle  $\theta_{\max}$ , the reflected light beam (stray light) is prevented from entering the effective scanning region, whereby Expressions (2) and (3) are derived.

[0025] Furthermore, it is preferable that the scanning optical system of the invention is to be constructed for use in an X-ray image reading device which photoelectrically reads

photostimulable emission light in which light is emitted at an intensity in accordance with an accumulated and recorded X-ray image from an accumulative fluorescent sheet by scanning the laser beam on the accumulative fluorescent sheet onto which the X-ray image has been accumulated and recorded.

[0026]

[Effects of the Invention] According to the scanning optical system of the invention, the relationship between the angle between the optical axis of a lens and a reflected light beam when the reflected light beam that has re-entered the deflector due to surface reflection on the lens of the image forming optical system at the rear stage of the deflector, and the maximum angle in accordance with an effective scanning region on the scanning surface of the angle between the optical axis of the lens and the light beam when the light beam is first deflected by the deflector, is regulated as in the following Expression (1), whereby the reflected light beam that has re-entered the deflector after being reflected by the lens surface and has been re-reflected by the reflector can be prevented from reaching the effective scanning region of the scanning surface, and thus securely prevents the reflected light beam that is stray light from harmfully influencing the scanning region of the scanning surface.

[0027]  $|\theta| > |\theta_{\max}|$  (1)

[0028]

[Embodiment of the Invention] Hereinafter, a detailed embodiment of the scanning optical system of the invention is described with reference to the drawings.

[0029] Fig. 1 is a diagram showing the construction of a detailed embodiment of the scanning optical system of the invention, Fig. 2 is a diagram showing an example of an X-ray image reading device using the scanning optical system of the embodiment shown in Fig 1.

[0030] Herein, the X-ray image reading device shown in Fig. 2 is described first. The illustrated X-ray image reading device comprises, inside an optical fixing plate 16 shaped into a box, a scanning optical system 10 including an LD light source 11 which emits a laser beam L with a fixed intensity, a polygon mirror 12 which rotates at a predetermined angular velocity, and reflects and deflects the laser beam L emitted from the light source 11 so as to repeatedly scan the laser beam L in a predetermined angle range, an  $f\theta$  lens group 13 which refracts the laser beam L so that the laser beam L that has been reflected and deflected by the polygon mirror 12 carries out first-scanning on an accumulative fluorescent sheet 50 described later in the arrow X direction at an even speed, and a lowering

long mirror 14 which lowers the laser beam L that has been refracted by this  $f\theta$  lens group 13 downward in the figure, wherein the laser beam L that has exited from this scanning optical system 10 repeatedly carries out first-scanning in the arrow X direction of the accumulative fluorescent sheet 50 that is placed on an endless belt 20 for moving (second-scanning) at an even speed in the arrow Y direction in conjunction with the drive rollers 21 and accumulates and records an X-ray image. During this operation, the accumulative fluorescent sheet 50 is subjected to second-scanning in the arrow Y direction roughly orthogonal to the arrow X direction, so that the laser beam L scans nearly the entire surface of the sheet 50 as a result.

[0031] From the portion of the sheet 50 scanned by the laser beam L, photostimulable emission light M is emitted at an intensity according to the X-ray image accumulated and recorded onto this portion, and this emitted photostimulable emission light M is guided to a light guide 31 whose incident end extends across the entire length of the first scanning line of the laser beam L formed on the sheet 50, and which is disposed in proximity to the first scanning line, and the photostimulable emission light M is guided to the exit end face of the light guide 31 while repeating total reflection inside the light guide 31.

To the exit end face of the light guide 31, a laser beam cut filter 32 having a limited bandwidth so as to cut the laser beam L and transmit the photostimulable emission light M is connected. The photostimulable emission light M guided to the exit end face of the light guide 31 is transmitted and made incident onto a photomultiplier (PMT) 33, and the laser beam L mixed into the light guide 31 together with the photostimulable emission light M is cut and prevented from entering the PMT 33.

[0032] The PMT 33 photoelectrically converts the incident photostimulable emission light M into an analog electrical signal y and inputs it into a log amplifier 34, and the log amplifier 34 logarithmically amplifies the inputted analog electrical signal into a logarithmic signal S and inputs it into an A/D converter 35. The A/D converter 35 digitizes the inputted logarithmic signal S at a predetermined sampling interval and outputs it as a digital image signal D to an external image processor, etc. In the external image processor, etc., the inputted digital image signal D is subjected to image processing such as depth correction, tone processing, frequency processing, and enlargement/reduction processing, and outputted to a reproducer such as a CRT, etc., and then, reproduced as a visible image.

[0033] Next, this scanning optical system 10 is described in detail with reference to Fig. 1. The  $f\theta$  lens group 13 of the illustrated scanning optical system 10 comprises a first lens 13A provided at the side close to the polygon mirror 12 and a second lens 13B at the side far from the polygon mirror, and the  $f\theta$  lens group 13 and the lowering long mirror 14 form the image forming optical system 15. The first lens 13A is formed so that its first surface (surface onto which the laser beam L is made incident) 13a becomes concave with respect to the polygon mirror 12.

[0034] Furthermore, the first surface 13a of the first lens 13A transmits most of the laser beam L that has reached from the polygon mirror 12 (hereinafter, referred to as transmission laser beam L) as shown by the solid thin line in the drawing, while reflecting a small portion of the laser beam as reflected light L' (shown by the dashed line in the figure) to the polygon mirror 12 side. Then the angle between the optical axis of the first lens 13A and the reflected light L' when the reflected light L' that has re-entered the polygon mirror 12 due to reflection by the first surface 13a of the first lens 13A is re-deflected by the polygon mirror 12 is defined as  $\phi$ , and the maximum angle (maximum scanning angle) in accordance with the effective scanning region of the scanning surface (surface of

the accumulative fluorescent sheet 50) of the angle between the optical axis of the first lens 13A and the laser beam L when the laser beam L is first deflected by the polygon mirror 12 is defined as  $\theta_{\max}$  ( $=42^\circ$ ), this scanning optical system 10 is constructed so as to satisfy the following Expression (1).

$$[0035] \quad |\phi| > |\theta_{\max}| \quad (1)$$

Furthermore, when the number of reflecting surfaces of the polygon mirror 12 is defined as N ( $=6$ ), the angle between the advancing direction of the laser beam L that enters the polygon mirror 12 and the optical axis of the first lens 13A is defined as  $\alpha$  ( $=70^\circ$ ), the distance from the intersection between the polygon mirror 12 and the laser beam L to the first surface 13a of the first lens 13A (distance along the optical axis) is defined as d ( $=40\text{mm}$ ), the radius of curvature of the first surface 13a of the first lens 13A is defined as R ( $=-112.5\text{mm}$ ), and the angle between the optical axis of the first lens 13A and the laser beam L when the laser beam L is first reflected and deflected by the polygon mirror 12 in the case where the reflected light L' reflected by the first surface 13a of the first lens 13A re-enter the boundary (ridge line) between two adjacent reflecting surfaces of the polygon mirror 12 is defined as  $\theta$  ( $=18^\circ$ ), these are constructed so as to satisfy the following Expressions (2) and (3)..



[0036]

$$4\pi/N - \alpha + 2\theta(1+d/R) > \theta_{\max} \quad (2)$$

$$-\alpha + 2\theta(1+d/R) < -\theta_{\max} \quad (3)$$

Namely, by substituting the abovementioned detailed numerical values, the left side of Expression (2) equals 73.2° and the right side equals 42°, and the left side of Expression (3) equals -46.8° and the right side equals -42°. The radius of the inscribed circle of the polygon mirror 12 equals 25mm.

[0037] A range to be read as an image signal D by the X-ray image reading device shown in Fig. 2 becomes narrower than the range (scanning region) of the accumulative fluorescent sheet 50 that is scanned by the transmitted light L. This is because useful image information is rarely recorded at the both side end portions of the sheet 50, and even if information is completely read up to the both side end portions of the sheet 50, when the read image is reproduced as a visible image, the side end portions are displayed by being lined up. Therefore, in the scanning optical system 10 of this embodiment, a range to be read as an image signal D by the X-ray image reading device is defined as an effective scanning region K.

[0038] According to the scanning optical system 10 of this embodiment thus constructed, the transmitted light L transmitted through the first lens 13A is further transmitted

through the second lens 13B, and lowered by the lowering long lens 14 and repeatedly scans in the arrow X direction a region of the accumulative fluorescent sheet 50 surface as a scanning surface, broader than the effective scanning region K.

[0039] On the other hand, the reflected light L' reflected by the first surface of the first lens 13A re-enters the polygon mirror 12 and is re-reflected, however, since the scanning optical system 10 of this embodiment is constructed so as to satisfy the condition of Expressions (2) and (3) and the construction satisfies the condition of Expression (1), this reflected light L' is prevented from reaching the inside of the effective scanning region K on the scanning surface as shown in Fig. 1.

[0040] Therefore, according to the scanning optical system 10 of this embodiment, the reflected light that becomes stray light can be securely prevented from harmfully influencing the scanning region of the scanning surface.

[0041] The scanning optical systems shown in Fig. 3 and Fig. 4 are scanning optical systems for comparison with the scanning optical system of this embodiment, and these examples are not included in the scanning optical system of the invention.

[0042] (Comparative example 1) In the scanning optical system of Comparative example 1 shown in Fig. 3, when the number of

reflecting surfaces of the polygon mirror 12 is defined as  $N$  ( $=6$ ), the distance from the intersection between the polygon mirror 12 and the laser beam  $L$  to the first surface 13a of the first lens 13A (distance along the optical axis) is defined as  $d$  ( $=40\text{mm}$ ), the radius of curvature of the first surface 13a of the first lens 13A is defined as  $R$  ( $=-112.5\text{mm}$ ), and the angle between the optical axis of the first lens 13A and the laser beam  $L$  when the laser beam  $L$  is first reflected and deflected by the polygon mirror 12 in a case where the reflected light  $L'$  reflected by the first surface 13a of the first lens 13A re-enters the boundary (ridge line) of two adjacent reflecting surfaces of the polygon mirror 12 is defined as  $\theta$  ( $20^\circ$ ), the left side of the abovementioned Expression (2) equals  $85.8^\circ$  and the right side equals  $42^\circ$ , and the left side of Expression (3) equals  $-34.2^\circ$  and the right side equals  $-42^\circ$ , and Expression (1) is not satisfied since Expression (3) is not satisfied although Expression (2) is satisfied. The radius  $r$  of the inscribed circle of the polygon mirror 12 equals  $25\text{mm}$ , and the maximum scanning angle  $\theta_{\text{max}}$  equals  $42^\circ$ .

[0043] According to the scanning optical system thus constructed, the reflected light  $L'$  reflected by the first surface of the first lens 13A re-enters the polygon mirror 12 and is re-reflected, and this re-reflected light  $L'$  reaches

the inside of the effective scanning region K on the scanning surface as shown in Fig. 3.

[0044] Therefore, according to the scanning optical system of Comparative example 1, reflected light that becomes noise harmfully influences the scanning region of the scanning surface, and the effect of the scanning optical system of the invention cannot be obtained.

[0045] (Comparative example 2) In the scanning optical system of Comparative example 1 shown in Fig. 4, when the number of reflecting surfaces of the polygon mirror 12 is defined as N (=6), the angle between the advancing direction of the laser beam L that enters the polygon mirror 12 and the optical axis of the first lens 13A is defined as  $\alpha$  ( $=70^\circ$ ), the distance from the intersection between the polygon mirror 12 and the laser beam L to the first surface 13a of the first lens 13A (distance along the optical axis) is defined as d ( $=40\text{mm}$ ), the radius of curvature of the first surface 13a of the first lens 13A is defined as R ( $=-112.5\text{mm}$ ), and the angle between the optical axis of the first lens 13A and the laser beam L when the laser beam L is first reflected and deflected by the polygon mirror 12 in a case where the reflected light L' reflected by the first surface 13a of the first lens 13A re-enters the boundary (ridge line) of two adjacent reflecting surfaces of the polygon mirror

12 is defined as  $\theta$  ( $25^\circ$ ), the left side of the abovementioned Expression (2) equals  $82.2^\circ$  and the right side equals  $42^\circ$ , and the left side of Expression (3) equals  $-37.8^\circ$  and the right side equals  $-42^\circ$ , and Expression (1) is not satisfied since Expression (3) is not satisfied although Expression (2) is satisfied. The radius  $r$  of the inscribed circle of the polygon mirror 12 equals 35mm, and the maximum scanning angle  $\theta_{\max}$  equals  $42^\circ$ .

[0046] According to the scanning optical system thus constructed, the reflected light  $L'$  reflected by the first surface of the first lens 13A re-enters the polygon mirror 12 and is re-reflected, and this re-reflected light  $L'$  reaches the inside of the effective scanning region K on the scanning surface as shown in Fig. 4.

[0047] Therefore, according to the scanning optical system of Comparative example 1, reflected light that becomes noise harmfully influences the scanning region of the scanning surface, and the effect of the scanning optical system of the invention cannot be obtained.

#### [BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

[Fig. 1] A diagram showing the construction of an embodiment of the scanning optical system of the invention.

[Fig. 2] A diagram showing an example of X-ray image reading

device) of a device in which the scanning optical system of the embodiment of Fig. 1 is installed.

[Fig. 3] A diagram showing a comparative example (Comparative example 1) to be compared with the scanning optical system of the embodiment of Fig. 1.

[Fig. 4] A diagram showing a comparative example (Comparative example 2) to be compared with the scanning optical system of the embodiment of Fig. 1.

[Fig. 5] A diagram (I) for explaining the action of the scanning optical system of the invention.

[Fig. 6] A diagram (II) for explaining the action of the scanning optical system of the invention.

[Fig. 7] A diagram (III) for explaining the action of the scanning optical system of the invention.

[Description of Symbols]

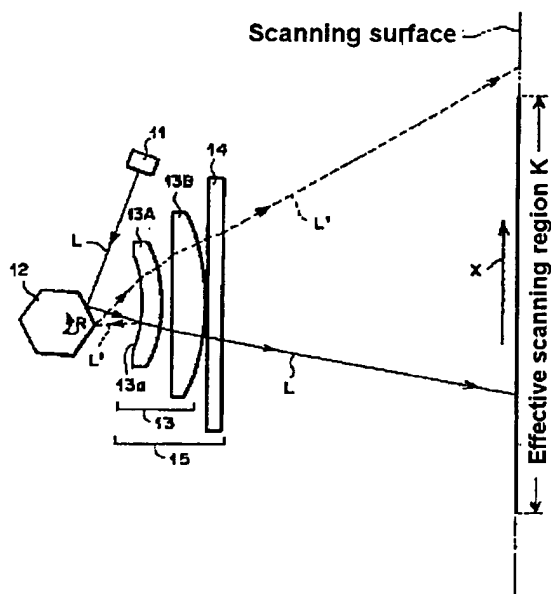
- 10 scanning optical system
- 11 laser light source
- 12 polygon mirror
- 13 f $\theta$  lens group
- 13A first lens
- 13B second lens
- 13a first surface of first lens
- 14 lowering long mirror

15 image forming optical system

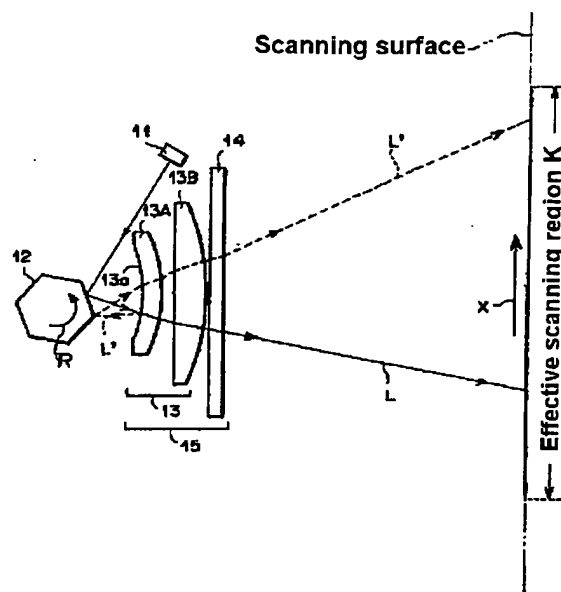
L laser beam (transmitted light)

L' reflected light

# Fig.1

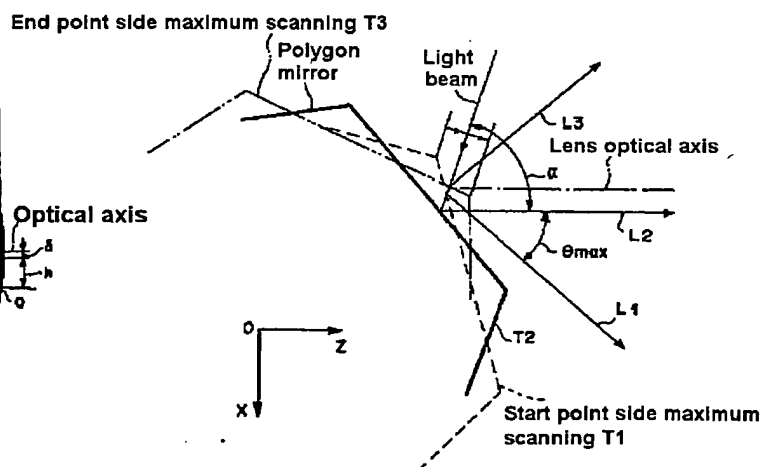
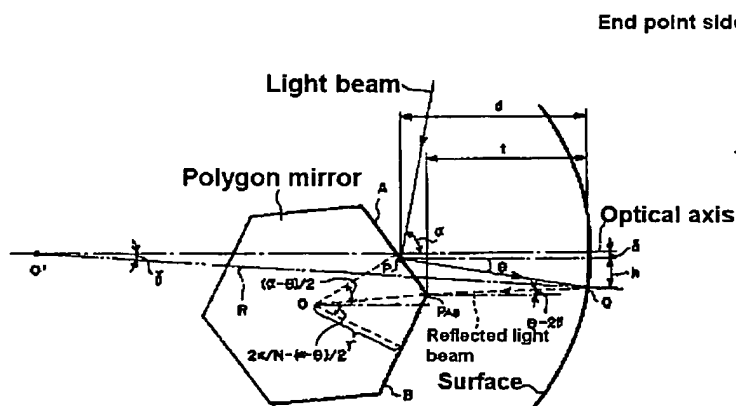


# Fig.3



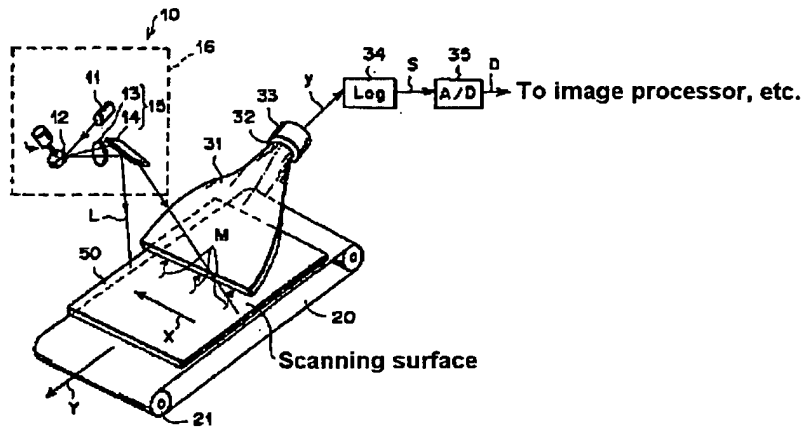
# Fig.7

# Fig.6

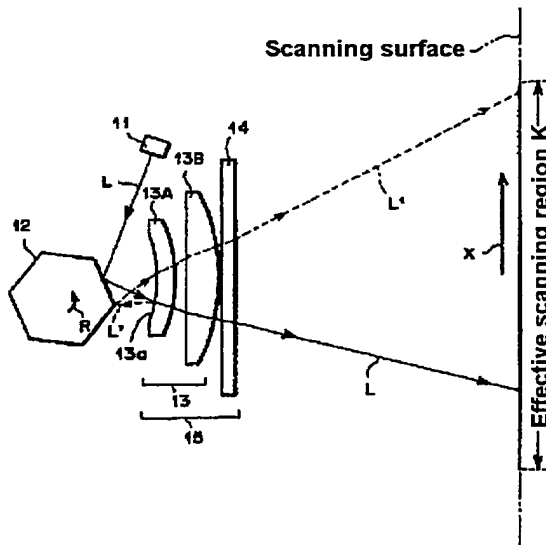




# Fig.2



# Fig.4



# Fig.5

